

PERBAIKAN SIFAT MEKANIK DAN LAJU TRANSMISI UAP AIR *EDIBLE FILM* DARI PATI GANYONG TERMODIFIKASI DENGAN MENGGUNAKAN LILIN LEBAH DAN SURFAKTAN

Improving the Mechanical and Water Vapour Transmission Rate Properties of Edible Film from Modified Ganyong Starch by Using Beeswax and Surfactants

Budi Santoso, Filli Pratama, Basuni Hamzah, Rindit Pambayun

Program Doktor Bidang Ilmu-Ilmu Pertanian Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya, Jl. Padang Selasa No.524, Bukit Besar Palembang 30139.

Telp: (0711) 354222, Fax (0711) 317202

Email: zuhairabdulazis@yahoo.com

ABSTRAK

Edible film pati ganyong sebelum dan setelah dimodifikasi ditambahkan surfaktan CMC dan lesitin. Karakteristik *edible film* yang diamati adalah laju transmisi uap air dan sifat mekanik (kuat tekan dan persen pemanjangan). Penambahan CMC dengan konsentrasi 2 % dan lesitin 1 % menurunkan laju transmisi uap air *edible film* pati ganyong. Kuat tekan *edible film* pati ganyong mengalami penurunan, namun masih memenuhi standar JIS 1975 minimal 50gf. Nilai persen pemanjangan *edible film* pati ganyong meningkat tetapi belum memenuhi standar JIS 1975.

Kata kunci: Carboxymethyl cellulose, lesitin, modifikasi, pati, surfaktan

ABSTRACT

Edible film from ganyong starch without and with modification were incorporated by CMC and lecithin as surfactants. Edible film were characterized with respect to water vapor transmission rate and mechanical properties. Incorporation of CMC 2 % and lecithin 1 % as surfactants decreased water vapor transmission rate. Puncture strength decreased but still fulfill Japanese Industrial Standard (JIS) 1975 min 50 gf. Elongation of edible film increased and not fulfill JIS 1975 min 70 %.

Keywords: Carboxymethyl cellulose, lecithin, modification, starch, surfactants

PENDAHULUAN

Pada umumnya, *edible film* berbasis pati murni (*native starch*) mempunyai sifat fleksibilitas rendah dan laju transmisi uap air tinggi. Menurut Kester dan Fennema (1986), Hernandez (1994); untuk memperbaiki kelemahan *edible film* tersebut dapat dilakukan dengan penambahan lipida dan *plasticizer* dalam formulasi film tersebut. Selain itu, struktur matrik film pati murni sangat mudah mengalami proses retrogradasi. Proses retrogradasi pati akan menyebabkan matrik film bersifat kaku dan mudah retak walaupun telah ditambahkan lipida maupun *plasticizer*. Oleh karena itu, perlu dilakukan cara untuk menghambat proses retrogradasi tersebut dengan memodifikasi pati secara kimia melalui ikatan silang (*cross-linking*) dengan menggunakan senyawa POCl_3 sebagai agen pereaksi.

Penggunaan pati termodifikasi (*modified starch*) ini sangat penting dalam pembentukan matrik film karena senyawa POCl_3 membentuk ikatan silang (*cross-linking*) antara rantai amilosa satu dengan yang lain dalam granula pati melalui jembatan fosfat. Dengan adanya jembatan ini akan terbentuk suatu jala tiga dimensi yang berkesinambungan dan jala ini dapat memperangkap air melalui gugus OH reaktif yang tidak berikatan dengan POCl_3 . Ikatan silang rantai-rantai polimer pati yang terjadi pada gugus-gugus yang banyak mengandung OH reaktif terutama pada gugus OH nomor 2,3 dan 6 (Shi dan BeMiller, 2000 ; Reddy dan Seib, 2000). Yu dkk. (2005) menjelaskan bahwa molekul pati ikatan silang dapat berpotensi menguatkan ikatan intermolekul yang disebabkan oleh ikatan kovalen. Penguatan intermolekul ikatan hidrogen ini dapat memperbaiki sifat mekanik film.

Selain itu, beberapa penelitian terdahulu memfokuskan aspek yang berbeda tentang perbaikan laju transmisi uap air *edible film*, antara lain 1) pengaruh keseimbangan komponen hidrofilik-lipofilik matrik film, 2) kondisi fisik, jumlah, dan ukuran molekuler komponen lipid, dan 3) penambahan *plasticizer* dan kondisi persiapan serta formulasi film (Kester dan Fennema, 1989; Martin dkk., 1992; Donhowe dan Fennema, 1994).

Keseimbangan antara komponen hidrofilik dan hidropobik dalam sistem matrik film sangat berpengaruh pada homogenitas suspensi film dan karakteristik *edible film* yang dihasilkan. Keseimbangan kedua komponen tersebut sangat ditentukan oleh *hydrophilic/lipophilic balance* (HLB) surfaktan yang digunakan dan rasio komponen hidrofilik dan hidropobik sistem matrik film tersebut. Surfaktan dapat ditambahkan ke dalam formulasi film untuk menurunkan tegangan permukaan larutan dan senyawa ini bersifat *amphiphilic*. Bagian lipofilik cenderung berikatan dengan senyawa nonpolar dan bagian hidrofilik berikatan dengan senyawa polar. Rodriguez dkk. (2006) menjelaskan bahwa penambahan surfaktan dalam formulasi *edible film* dapat menurunkan laju transmisi uap air secara signifikan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi pengaruh jenis pati, (sebelum dan setelah dimodifikasi) dan konsentrasi surfaktan CMC dan lesitin terhadap terhadap laju transmisi uap air, kuat tekan (*Puncture Strength*), dan persen pemanjangan *edible film*.

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan yang digunakan adalah umbi ganyong berasal dari Kota Pagaralam Propinsi Sumatera Selatan, senyawa POCl_3 berasal dari CV Alfa Prima Yogyakarta, CMC, *beeswax*, gliserol, Natrium Sulfat, HCl, dan NaOH.

Alat

Alat-alat yang digunakan adalah *Testing Machine* MPY (Type: PA-104-30, Ltd Tokyo, Japan), gas transmission rate tester speedivac 2, *water vapor transmission rate tester* Bergerlehr, *Texture Analyzer* merek Brookfield, pompa vakum, oven pengering, dan desikator.

Cara Penelitian

Penelitian ini terdiri atas dua tahap, yaitu:

Pembuatan pati ganyong termodifikasi (metode Wattanachant dkk., 2003 yang dimodifikasi). Natrium sulfat (Na_2SO_4) sebanyak 30g (15 % berat kering dari pati) ditambahkan ke dalam 300 ml air destilasi sambil diaduk

dengan pengaduk *magnetic stirrer* skala 3. Larutan tersebut ditambahkan dengan pati ganyong sebanyak 200 g sambil tetap diaduk. NaOH 5 % ditambahkan sambil diaduk dengan magnetik stirrer skala 8 untuk mencegah pati tergelatinisasi dan mengatur pH larutan mencapai 10,5 dan diaduk 30 menit pada suhu ruang. Larutan diinkubasi dengan inkubator *shaker* pada suhu $40 \pm 2^\circ\text{C}$ (200rpm, 24jam). POCl_3 sesuai perlakuan, yaitu sebanyak 0,08 % ditambahkan sambil diaduk dengan skala 8 menggunakan pengaduk magnetik stirrer selama 30 menit kemudian diinkubasi pada suhu $40 \pm 2^\circ\text{C}$ (200 rpm, 2 jam). PH larutan diatur 5,5 dengan 10 % larutan HCl yang bertujuan untuk menghentikan reaksi. Pati disaring menggunakan kertas Whatman no 4 sambil dicuci dengan air destilasi selama 5 menit. Pengeringan pati dilakukan pada suhu 45°C selama 6 jam sehingga didapatkan pati dengan kadar air 10-12 %.

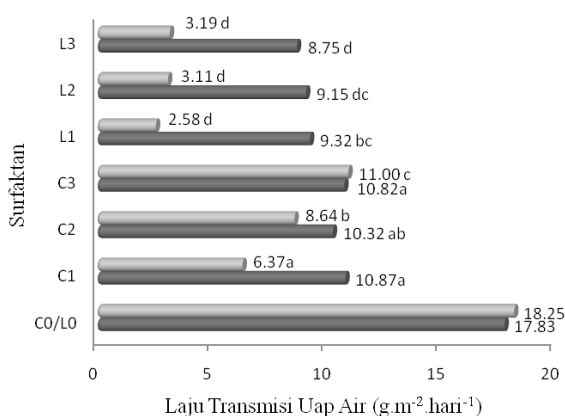
Pembuatan *edible film* pati ganyong sebelum dan setelah dimodifikasi dengan penggunaan surfaktan CMC dan lesitin (Santoso dkk., 2007 yang dimodifikasi).

Pati ganyong sebelum dan setelah dimodifikasi dengan konsentrasi senyawa POCl_3 0,08 % sebanyak 4 % (b/v) disiapkan dan ditambah aquadest lalu diaduk dan disaring. Suspensi pati dipanaskan dengan suhu gelatinisasi 65°C menggunakan hot plate sambil diaduk dengan *magnetic stirrer*. Suspensi pati yang telah terjadi gelatinisasi secara sempurna secara perlahan ditambah dengan gliserol 3 % (v/v). Suspensi dipanaskan selama kurang lebih 10 menit. Dilakukan penambahan surfaktan CMC dengan konsentrasi 1 %, 2 %, dan 3 % dan lesitin dengan konsentrasi 0,20 %, 0,25 %, dan 0,30 % sesuai dengan perlakuan. Suspensi diaduk sampai homogen dan ditambahkan lilin lebah 1 % (b/v). Penghilangan gas terlarut (*degassing*) dengan pompa vakum selama 1 jam. Suspensi tersebut dituangkan sebanyak 40 ml di dalam cawan petri dengan diameter 20 cm untuk dicetak dan selanjutnya dikeringkan dengan menggunakan oven pengering suhu 70°C selama 12 jam. Pendinginan pada suhu ruang, *edible film* diangkat dari cetakan dan dibungkus dengan plastik kemudian dimasukkan dalam desikator selama 24 jam, dan *edible film* siap untuk dianalisa.

Parameter yang diamati adalah laju transmisi uap air, kuat tekan, dan persen pemanjangan. Rancangan penelitian yang digunakan adalah rancangan acak lengkap faktorial 3 kali ulangan. Untuk mengetahui pengaruh setiap perlakuan, dilakukan analisa data dengan menggunakan analisis sidik ragam (ANSIRA) melalui program SAS versi 6.12. Bagi perlakuan yang berpengaruh nyata dilakukan uji lanjut Duncan pada taraf 5 % (Gomez dan Gomez, 1984).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis keragaman menunjukkan bahwa perlakuan jenis pati, konsentrasi CMC dan lesitin berpengaruh nyata sedangkan perlakuan interaksinya berpengaruh tidak nyata terhadap laju transmisi uap air *edible film* pati ganyong ($P < 0,05\%$). Hasil uji Duncan menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi CMC 1 %, 2 %, dan 3 % berbeda nyata terhadap laju transmisi uap air *edible film* pati ganyong setelah dimodifikasi. Nilai rata-rata laju transmisi uap air *edible film* pati ganyong sebelum dan setelah penambahan CMC dan lesitin seperti yang disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Nilai rata-rata laju transmisi uap air *edible film* pati ganyong sebelum dan setelah CMC dan lesitin (P = pati ganyong, P₁ = sebelum modifikasi, P₂ = setelah modifikasi. C = CMC, C₁ = 1 %, C₂ = 2 %, dan C₃ = 3 % (b/v). L = lesitin, L₁ = 0,20 %, L₂ = 0,25 %, dan L₃ = 0,30 %, dan C0/L0 = tanpa surfaktan)

Data Gambar 1 menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi CMC semakin tinggi nilai laju transmisi uap air *edible film* pati ganyong setelah dimodifikasi. Pati ganyong sebelum dan setelah dimodifikasi merupakan kerangka utama matrik *edible film*. Proses modifikasi pati ganyong dengan menggunakan senyawa POCl₃ menyebabkan terjadinya substitusi gugus OH molekul pati oleh gugus fosfat dari senyawa POCl₃. Substitusi ini menyebabkan struktur molekul pati ganyong bersifat lebih terbuka dan sifat retrogradasinya menjadi rendah. Dengan bentuk struktur demikian, molekul CMC lebih mudah masuk dalam kerangka matrik *edible film* sebagai bahan pengisi. Di dalam matrik *edible film* tersebut molekul CMC terutama gugus OH pada sisi karboksil berikatan dengan gugus OH amilosa atau amilopektin yang tidak disubstitusi oleh gugus fosfat. Selain itu, dengan terhambatnya retrogradasi pati ganyong termodifikasi menyebabkan posisi molekul CMC terperangkap dalam matrik *edible film* tersebut. Semakin tinggi konsentrasi CMC berarti semakin banyak gugus OH molekul CMC yang

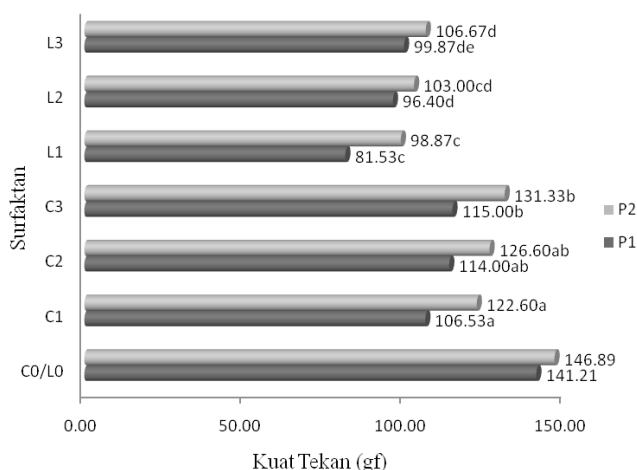
terperangkap. Gugus OH bersifat hidrofilik dan mempunyai afinitas yang sangat tinggi terhadap uap air. Dengan demikian, matrik *edible film* sangat mudah ditembus oleh uap air. Brandelero dkk., (2010) menjelaskan bahwa penambahan surfaktan tween 80 sebanyak 2 % dapat meningkatkan laju transmisi uap air *edible film*, hal ini disebabkan surfaktan dapat meningkatkan volum bebas antara rantai pati.

Nilai laju transmisi uap air *edible film* pati ganyong yang menggunakan lesitin lebih rendah dibanding CMC (Gambar 1). Hal ini disebabkan struktur kimia lesitin mempunyai dua asam lemak non polar dan satu polar. Berdasarkan struktur molekul ini menunjukkan bahwa lesitin lebih bersifat non polar (hidropobik) sedangkan CMC lebih bersifat hidrofilik. Menurut Fennema (1985); McClements (2005) semakin rendah nilai *hydrophile-lipophile balance* (HLB) suatu surfaktan maka sifatnya lebih ke arah hidropobik. Lesitin memiliki HLB 8 dan HLB 10-18 lebih cenderung ke arah hidrofilik. Rodriguez dkk., (2006) menjelaskan bahwa penambahan surfaktan span 80 dan lesitin dapat menghasilkan laju transmisi uap air *edible film* lebih rendah daripada surfaktan tween 20. Hal dapat dijelaskan dengan rasio HLB dari masing-masing surfaktan, dimana secara berturut-turut span 80, lesitin, dan tween 20 adalah 4,3, 8, dan 16,7. Nilai HLB menunjukkan bahwa span 80 dan lesitin lebih rendah berarti lebih bersifat hidropobik dan tween 20 lebih bersifat hidrofilik. The dkk., (2009) menerangkan bahwa untuk menghasilkan *edible film* laju transmisi uap air rendah sebaiknya menggunakan surfaktan dengan rasio hidrofilik dan hidropobik lebih dari 1:1.

Penambahan lilin lebah dan surfaktan lesitin dapat memperbaiki laju transmisi uap air *edible film* pati ganyong sebelum dan setelah dimodifikasi sehingga memenuhi standar JIS 1975, yaitu maksimal 10 g.m²/hari. Penambahan lilin lebah dan surfaktan CMC hanya pada konsentrasi CMC 1 % dan 2 % yang memenuhi standar. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan surfaktan dengan konsentrasi dan jenis yang tepat akan mempengaruhi homogenitas suspensi film yang terbentuk. Suspensi film yang homogen akan menghasilkan *edible film* yang rapat dan rata sehingga berpengaruh terhadap laju transmisi uap air. Menurut Morillon dkk., (2002) laju transmisi uap air *edible film* dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu struktur *edible film* (homogenitas, emulsi, *multilayers*), tipe kristal, bentuk, ukuran, dan distribusi lipida.

Data hasil uji Duncan pada taraf 5 % (Gambar 2) menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi CMC 1 % menjadi 3 % berbeda nyata dan 1 % menjadi 2 % serta 2 % menjadi 3 % berbeda tidak nyata terhadap peningkatan kuat tekan *edible film* pati ganyong sebelum dan setelah dimodifikasi. Hal disebabkan molekul CMC mengandung gugus OH pada sisi karboksil dan gugus OH ini dapat

berikatan dengan gugus OH pada molekul pati sehingga molekul CMC dengan pati dapat membentuk ikatan kompleks pati-CMC. Ikatan kompleks pati-CMC dalam matrik film akan semakin kompak dengan semakin tinggi konsentrasi CMC yang digunakan. Ikatan kompleks ini sangat berpengaruh terhadap peningkatan kekuatan matrik *edible film*. Hasil penelitian ini sejalan dengan Ma dkk., (2008) menjelaskan bahwa CMC dapat memperbaiki karakteristik mekanik dan daya tahan film berbasis pati karena pati dan CMC struktur kimianya mirip dan dapat meningkatkan kompatibilitas antara ikatan tersebut.



Gambar 2. Nilai rata-rata laju transmisi uap air *edible film* pati ganyong sebelum dan setelah CMC dan lesitin (P = pati ganyong, P₁ = sebelum modifikasi, P₂ = setelah modifikasi. C = CMC, C₁ = 1 %, C₂ = 2 %, dan C₃ = 3 % (b/v). L = lesitin, L₁ = 0,20 %, L₂ = 0,25 %, dan L₃ = 0,30 %, dan C0/L0 = tanpa surfaktan)

Hasil pengamatan Gambar 2 menunjukkan bahwa penggunaan konsentrasi lesitin 0,20 % berbeda nyata dengan 0,25 % dan 0,30 % terhadap peningkatan kuat tekan *edible film* pati ganyong sebelum dimodifikasi. Hal ini dikarenakan molekul lesitin merupakan surfaktan yang memiliki gugus polar dan non polar, namun gugus non polar lebih banyak dibanding polar. Dengan demikian, dalam matrik *edible film* pati ganyong sebelum dimodifikasi gugus polar lesitin berikatan dengan pati dan gugus non polar berikatan dengan lilin lebah, karena gugus non polar lebih banyak maka matrik *edible film* akan bersifat kaku dan rapuh. Namun, pada konsentrasi lesitin 0,20 % keseimbangan komponen polar dan non polar dalam matrik film masih tinggi, dengan semakin meningkatnya konsentrasi 0,25 % sampai 0,30 % keseimbangan mulai berkurang sehingga kuat tekan *edible film* tidak meningkat secara signifikan dengan meningkatnya konsentrasi lesitin.

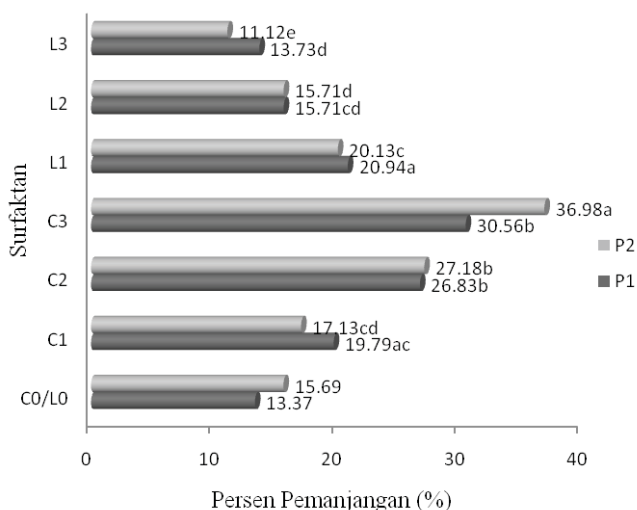
Penggunaan konsentrasi lesitin 0,20 % berbeda tidak nyata dengan 0,25 % tetapi berbeda nyata dengan 0,30 %

terhadap peningkatan kuat tekan *edible film* pati ganyong setelah modifikasi. Selain itu, penggunaan lesitin dalam formulasi *edible film* pati setelah dimodifikasi mempunyai kuat tekan yang lebih tinggi dibanding sebelum modifikasi. Hal ini disebabkan molekul lesitin sisi polar dapat berikatan dengan molekul pati dan gugus fosfat yang terdapat pada ikatan silang pati termodifikasi, sehingga terdapat dua ikatan yang mempunyai peranan dalam meningkatkan kekuatan matrik film. Dengan demikian semakin tinggi konsentrasi lesitin kuat tekan akan semakin meningkat.

Namun, apabila dibandingkan dengan tanpa penambahan surfaktan nilai kuat tekan *edible film* pati ganyong sebelum dan setelah dimodifikasi lebih tinggi seperti yang disajikan pada Gambar 2. Hal ini disebabkan surfaktan yang berbentuk suatu molekul ukuran kecil yang berada di antara rantai pati, seperti posisi gliserol. Pengaruh posisi surfaktan tersebut dapat mengakibatkan terjadinya penurunan interaksi intermolekuler antar molekul pati, meningkatkan ruang bebas antara rantai pati, dan meningkatkan mobilitas polimer. Akibat dari pengaruh-pengaruh tersebut maka integritas struktur matrik film turun dan berdampak pada penurunan kuat tekan *edible film*. Rodriguez dkk., (2006) melaporkan bahwa *edible film* yang mengandung gliserol dan ditambahkan surfaktan secara signifikan dapat menurunkan kuat tekan *edible film*. Brandelero dkk., (2010) menambahkan bahwa *edible film* yang mengandung surfaktan memiliki nilai kuat tekan yang lebih rendah dibanding tanpa surfaktan. Penurunan nilai kuat tekan tersebut dapat dihubungkan dengan peningkatan ruang bebas antara rantai pati yang berdekatan.

Data pada Gambar 3 menunjukkan bahwa penggunaan CMC dalam pati ganyong sebelum dimodifikasi dengan konsentrasi 1 % hingga 2 % berbeda nyata dan penggunaan konsentrasi CMC 2 % hingga 3 % berbeda tidak nyata terhadap peningkatan persen pemanjangan *edible film*. Penggunaan CMC dalam pati ganyong setelah dimodifikasi dengan konsentrasi 1 % hingga 3 % berbeda nyata terhadap peningkatan persen pemanjangan *edible film*. Hal ini disebabkan pati ganyong setelah dimodifikasi memiliki struktur molekul lebih terbuka, lebih kuat, dan sifat retrogradasi rendah. Sifat pati ganyong seperti ini membuat molekul CMC terutama gugus OH pada sisi karboksil lebih mudah berikatan dengan gugus OH molekul pati ganyong. Posisi molekul CMC terperangkap dalam struktur molekul pati akibat pengaruh dari sifat retrogradasi pati ganyong yang rendah. Sehingga semakin tinggi konsentrasi CMC maka semakin banyak gugus OH yang terperangkap, semakin banyak gugus OH terperangkap maka persen pemanjangan akan semakin meningkat. Pati ganyong sebelum dimodifikasi memiliki struktur molekul pati tidak kuat dan sangat mudah mengalami retrogradasi. Gugus OH molekul CMC dalam struktur pati

tersebut tidak stabil dan kemampuan untuk memerangkap gugus OH molekul CMC sangat terbatas. Gugus OH dalam sistem matrik tersebut berfungsi menurunkan interaksi antar polimer sehingga daya kohesif matrik film menurun yang mengakibatkan *edible film* lebih elastis. Nilai rata-rata persen pemanjangan *edible film* setelah dan sebelum penambahan lilin lebah, CMC, dan lesitin seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Nilai rata-rata persen pemanjangan *edible film* setelah dan sebelum penambahan lilin lebah, CMC, dan lesitin (P1=pati sebelum modifikasi, P2=pati setelah modifikasi, C1, C2, dan C3 = konsentrasi CMC masing-masing 1 %, 2 %, dan 3 %, L1, L2, dan L3 = konsentrasi lesitin masing-masing 0,20 %, 0,25 %, dan 0,30 %, C0/L0 = tanpa surfaktan dan lilin lebah).

Penggunaan beberapa konsentrasi lesitin berbeda nyata terhadap persen pemanjangan *edible film* pati ganyong sebelum dan setelah dimodifikasi. Semakin tinggi konsentrasi lesitin maka persen pemanjangan semakin menurun. Hal ini dapat dijelaskan dari sifat molekul lesitin yang lebih non polar atau hidropobik. Molekul yang bersifat hidropobik dalam matrik film akan menurunkan elastisitas atau persen pemanjangan *edible film*. Rodriguez dkk., (2006) menyatakan bahwa pengaruh surfaktan terhadap persen pemanjangan film tergantung dari konsentrasi dan jenis surfaktan yang digunakan. Penggunaan surfaktan dalam konsentrasi rendah menurunkan persen pemanjangan dan pada konsentrasi tinggi dapat meningkatkan persen pemanjangan secara signifikan. Menurut Villalobos dkk., (2006), penggunaan tween 20 pada *edible film* pati kentang dapat menurunkan kuat tekan 90 % dan meningkatkan 250 % persen pemanjangan.

KESIMPULAN

Penambahan surfaktan CMC konsentrasi 2 % dan lesitin 1 % dapat menurunkan laju transmisi uap air *edible film* sesuai

dengan standar JIS 1975 sebesar maksimal 10 g/m².hari. Kuat tekan *edible film* dengan penambahan surfaktan CMC maupun lesitin mengalami penurunan, namun penurunan nilai kuat tekan tersebut masih memenuhi standar JIS sebesar minimal 50 gf. Persen pemanjangan *edible film* dengan penambahan surfaktan CMC maupun lesitin mengalami peningkatan, namun peningkatan tersebut masih belum memenuhi standar JIS sebesar minimal 70 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Brandelero, R.P.H., Yamashita, F. dan Grossmann, M.V.E. (2010). The effect of surfactant tween 80 on the hydrophilicity, water vapor permeation, and the mechanical properties of cassava starch and poly (butylenes adipate-co-terphthalate) (PBAT) blend films. *Carbohydrate Polymer* **82**: 1102-1109.
- Danhowe, G. dan Fennema, O. (1994). Edible film and coating: Characteric, formation, definition and testing methods. Dalam Krochta, J.M. Baldwin, E.A. dan M.O. Nisperos-Carriedo. (1994). Edible coatings and film to improve food Quality. Technomic. Publi. Co. Inc, USA. hal 1-24.
- Fennema, O.R. (1985). *Food Chemistry*. Marcel Dekker, Inc, New York.
- Gomez, K.A. dan Gomez, A.A. (1984). *Statistical Procedures for Agricultural Research*. Edisi Kedua. An International Rice Research Institute Book. Jhon Wiley and Sons, New York.
- Hernandez, E. (1994). Edible coating from lipids and resins. In J.M. Krochta, E.A. Baldwin, dan Nisperos-Carriedo, M.O. (Eds). Edible coating and films to improve food quality. Lancaster/Basel: Technomic Publishing Co., hal 279-300.
- Kester, J.J. dan Fennema, O. (1989). An edible film of lipids and cellulose ethers; barrier properties to moisture vapor transmission and structural evaluation. *Journal of Food Science* **54**: 1383-1389.
- Kester, J.J. dan Fennema, O. (1986). Edible film and coatings. *A Review Food Technology* **40**: 47-59.
- Ma, X., Chang, P.R. dan Yu, J. (2008). Properties of biodegradable thermoplastic pea starch/carboxymethyl cellulose and pea starch/microcrystalline cellulose composites. *Carbohydrate Polymer* **72**: 369-375.
- McClements, D.J. (2005). Food emulsion principles, practices, and techniques. CRS Press. Boca Rotan, Florida.

- Morillon, V., Debeaufort, F., Blond, G., Capelle, M. dan Voilley. (2002). Factors affecting the moisture permeability of lipid-based edible films: A Review. *Critical Reviews In Food Science and Nutrition* **42**: 67-89.
- Martin-polo, M., Mauguin, C. dan Voilley, A. (1992). Hydrophobic films and their efficiency against moisture transfer. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* **40**: 407-412.
- Rodriguez, M., Oses, J., Ziani, K. dan Mate, J.I. (2006). Combined effect of plasticizers and surfactants on the physical properties of starch based edible films. *Food Research International* **39**: 840-846.
- Reddy, I and Seib, P.A. (2000). Modified waxy wheat starch compared to modified waxy corn starch. *Journal of Cereal Science* **31**: 25-39.
- Santoso, B. Manssur, A. dan Malahayati, N. (2007). Karakteristik sifat fisik dan kimia edible film dari pati ganyong. Seminar hasil-hasil penelitian dosen ilmu pertanian dalam rangka semirata BKS PTN Wilayah Barat. Universitas Riau, 14-17 Juli 2007.
- Shi, X. dan BeMiller, J.N. (2000). Effect of sulfate and citrate salts on derivatization of amylase and amylopectin during hydroxypropylation of corn starch. *Carbohydrate Polymer* **43**: 333-336.
- The, D.P., Debeaufort, F., Voilley, A. dan Luu, D. (2009). Influence of hydrocolloid nature on the structure and functional properties of emulsified edible films. *Food Hydrocolloids* **23**: 691-699.
- Villalobos, R., Hernandez-Munoz, P. dan Chiralt, A. (2006). Effect of surfactants on water and barrier properties of hydroxypropyl methylcellulose films. *Food Hydrocolloid* **20**: 502-509.
- Wattanachant S, Muhammad K, Hashim D.M. dan Rahman RA. (2003). Effect of cross-linking reagents and hydroxypropylation levels on dual modified tapioca starch properties. *Journal Food Chemistry* **80**: 463-471.
- Yu, L., Dean, K. dan Li, L. (2006). Polymer blends and composites from renewable resources. *Progress in Polymer Science* **31**: 576-602.